

## 地方国立大学生における日常的に使用される単位の理解度調査

三 井 隆 弘\*・ 重 松 公 司\*

(2012年1月12日受理)

A Survey on the Understanding of Daily-Used Measurement Units among Local University Students

Takahiro MITSUI, Koji SHIGEMATSU  
Faculty of Education, Iwate University

### Abstract

Little research has been undertaken on how units of measurement are understood, though they are commonly used and the importance of their inclusion in the educational curriculum has been widely recognized. The present paper reports on a cross-sectional survey consisting of 10 questions and designed to assess understanding of units of length, weight, velocity, and force, as well as significant digits, which we administered to 302 university students. The participants were classified according to their field of study. The average score was  $2.7 \pm 1.5$  points (SD) ( $n = 138$ ) among students not majoring in the natural sciences, and  $4.6 \pm 1.9$  points ( $n = 164$ ) among natural science students; both scores were lower than we had expected. More than half of the students in the former group could not convert  $5 \text{ m}^2$  to  $5 \times 10^4 \text{ cm}^2$  ( $50,000 \text{ cm}^2$ ). Even in the latter group, less than 10% recognized 1 newton (N) as  $1 \text{ kg m /s}^2$ . This is probably due to the reduced number of science classes offered from elementary school through senior high school and the reduced content of the classes that are offered.

**Key words:** units, understanding survey, educational curriculum, university students

---

\* 岩手大学教育学部

## 1. はじめに

長さ、面積、体積、速度、質量、力などは、自然科学や社会科学だけでなく、日常生活とも密接にかかわっている。何がどれだけあるか、言い換えれば数と量の認識は、6,000年程度の歴史がある文字よりも古く、3万年前のチェコの遺跡からはオオカミの骨に傷をつけ数を記した遺物が発見されている。したがって、数あるいは量はもっとも基礎的な概念といえる<sup>(1)</sup>。

単位は量の規格あるいは基準であるが、日常生活において、誤用あるいは不正確な使用はたびたび見られる。国際単位 (SI) の接頭語であるキロ (k) は距離にも質量にも使用され、時と場合によって判断しなくてはならない。肉屋で「グラム」と言えば通常100gをさし、食品のエネルギー表示で使用される kcal は単に「カロリー」と接頭語を外して呼ばれ、血圧の単位 mmHg は数値のみ「上が130, 下が80」と表現されることが多い。単位の簡略化は、日常生活では便利であり、本来の意味を理解した上での使用なら差し支えないと思われる。しかしながら、「分数ができない大学生」<sup>(2)</sup> がめずらしくなくなった昨今において、時速から秒速への換算、日常的に使用されているワット (W) やパスカル (Pa) などを、正確に説明できる大学生は、どれだけいるのだろうか。さらにこれらの不正確な使用が、自然科学の正確な理解を妨げることは、これまでも理科教育関係者によって指摘されている<sup>(3)</sup>。

学校教育では、主として算数・数学と理科がこの分野を担当しており、単位に関する教育の重要性については、多くの研究者・教育者が認識していると思われるが、生徒・学生の理解度に関する報告は、非常に少ないのが現状である。本稿では、地方国立大学生を対象に、日常生活で用いられる単位について、接頭語の変換、SIの理解度、有効数字の適切な使用の3点について調査し、現状分析をおこない、単位に関する教育について提言することを目的とした。

## 2. 方 法

I 大学人文社会系学部 (人社)、教育系学部 (教育)、農学系学部 (農)、工学系学部 (工) の一般教育科目あるいは専門科目の受講生を調査の対象とした。調査期間は2010年11月中旬である。調査項目は、表1に示した単位に関する10の質問、学年と学部、高校時の理科選択科目である。解答時間は10分を目安とした。人社と教育に関しては、文系もしくは理系を項目に加え、環境科学、体育、家政など複合領域は、文系理系の近い方を選択してもらった。

学部ごとに平均値を算出し、一元配置分散分析を用いグループ間の比較を行った。有意なF値が得られた場合、Tukeyの多重比較を用いた。危険率5%未満を統計的有意とし、有意差検定にはKaleidaGraph Ver 3.6 (Synergy Software) を用いた。さらに、問1から問10までの各問の正解率を群ごとに算出し、あらかじめ予想される誤答、例えば $5\text{m}^2$ を $500\text{cm}^2$ 、時速 $30\text{km}$ を秒速 $25/3\text{m}$ あるいは $8.3\cdots$ については誤答率も算出した。なお、問5を有効数字表記の検討に用いた。設問中で問8から問10に関しては、高校物理が最も関連しているのも、物理の履修者について群ごとに割合を求めた。

## 3. 結 果

各学部の学年別の学生数を表2に示した。人社理系は3名と少なく、環境科学専攻であった

ので、農の21人とあわせて解析を行った。したがって、対象者は、教育理39名、教育文93名、人社45名、農24名、工101名の5群、計302名である。高校時の物理Ⅰ履修者は、教育理41.0%、教育文7.5%、人社15.6%、農41.7%、工88.1%であった。

平均は、文系学生が $2.8 \pm 1.6$ （標準偏差）点、理系学生は $4.6 \pm 1.9$ 点であった。群ごとの平均点を図1に示した。人社 $2.9 \pm 1.5$ 点、教育文系 $2.7 \pm 1.5$ 点、教育理系 $4.2 \pm 2.4$ 点、農 $5.0 \pm 2.2$ 点、工 $4.7 \pm 1.7$ 点であった。文系内、理系内には有意差はみられなかったが、文系と理系のすべての群間には、0.01未満の危険率で、理系学部が高かった。

群ごとの各設問の正解率を表3に示した。長さに関する問1の設問はほぼ全員正解であったが、問2のmmと $\mu\text{m}$ の変換の正解率は、工で60.4%だったものの、教育理と農では30.8%と41.7%にとどまり、文系学生は20%以下であった。問3問4の面積 $\text{m}^2$ から $\text{cm}^2$ 、体積 $\text{m}^3$ から $\text{cm}^3$ への変換はほぼ同じ正解率で、文系では30%-40%前後、理系では60%前後であった。問5の時速から秒速への変換は、文系では20%台、理系で30%-40%程度であった。質量に関する問6のkgとmgへの変換は、文系では30%前後、理系で40%-50%であった。問7のカロリー(cal)は、6.3%ときわめて低く、その中では農学部が33.3%と比較的高かった。同様にニュートン(N)に関しても、全体では6.0%ときわめて低く、理系で10%前後、文系ではひとりも正解者がいなかった。誘導単位のジュール(J)は理系では30%-40%台で、文系では10%未満であった。同じく誘導単位のPaは、Jよりもやや高く、農工では60%台、教育理系は40%台、文系では20%前後であった。

問3と問4はほぼ同じ正解率であったので、問3のみ誤答パターンを検討した。全体の20.9%が $500\text{cm}^2$ もしくは $5 \times 10^2\text{cm}^2$ と誤答した。とくに教育文では41.9%と高い頻度で見られた。 $500$ を2乗した誤り $250,000\text{cm}^2$ 、有効数字の精度をあげての表記 $5.0 \times 10^4$ はそれぞれ理系学生の約10%にみられた。また、文系学生では空欄も目立った。

時速 $30\text{km}$ から秒速 $8.3\text{m}$ への変換については、小数点の桁の誤りあるいは分数での表記が人社24.4%、教育文22.7%、教育理38.2%、農41.7%、工39.7%であった。未回答とその他の誤りが、文系では半数をこえた。

#### 4. 考 察

今回アンケートに用いた設問はすべて小学校から高校1年時までの学習内容であり、われわれは、理系7-8点、文系5-6点を予想した。文系学生ではなじみがうすい $\mu\text{m}$ とN、現在では栄養学および周辺領域でしか使用が認められておらず、中学高校で習うことがないcalの正解率が低かったことはやむを得ないものの、図1に示したように、理系4.2-5.0点、文系2.7-2.9点と予想を大きく下回る結果であった。

今回の結果は、さまざまな観点からの検討が可能であるが、本稿ではとくに問3問4の面積と体積の変換、問5の時速から秒速への変換と有効数字の表記、問8のNの定義をとりあげたい。

まず面積であるが、現行の算数のカリキュラムでは小学4年時に $\text{cm}^2$ と $\text{m}^2$ を、その際 $1\text{m}^2 = 10,000\text{cm}^2$ の関係も学ぶ。全体の正解率が約50%と低く、なかでも教育文では正解者よりも多い41.9%の学生が $500\text{cm}^2$ と誤答した。長さ×長さによって面積の単位は構成されるが、これらの学生は、接頭語のセンチにも2乗がかかることを理解していないと考えられる。同じ数かける「幂(べき)」は、5,000年以上前の古代エジプトにさかのぼる。大河が氾濫をくり

かえすたびに、土地の測量をやり直さなければいけなかったため、発見されたと考えられている。10の冪を用いて100万をこえる数をも表していた<sup>(1)</sup>。このように系統発生的に面積と冪は同時に使用が始まったと思われるが、後者は中学1年の段階ではじめて教えられる。その間mあるいはcmの右肩についている2の意味を授業で教えることはないので、多くの児童・生徒にとっては、面積の単位でなく、「記号」としての理解にならざるを得ない。ならびに、式の途中で単位を省略し、結果に単位をつけるという指導法も生徒の理解を妨げるという指摘も従来からなされている<sup>(3)</sup>。正方形と立方体を学習する際、1辺の長さが2mとすると、それぞれ $2\text{m} \times 2\text{m} = 2^2\text{m}^2 = 4\text{m}^2$ ,  $2\text{m} \times 2\text{m} \times 2\text{m} = 2^3\text{m}^3 = 8\text{m}^3$ と求め、さらにc(センチ)=1/100, m(ミリ)=1/1,000と指導すると、数値と接頭語・単位の整合性がつく。

くわえて、問6のm(ミリ)であるが、全体の正解率が3分の1程度であり、小学校レベルの接頭語の認識度も十分でないことを示している。なお、問4の体積に関する設問が、問3の面積よりも顕著に低くなると予想したが、ほぼ50%と同じ水準であった。これらについては検討を要するが、桁が大きいにもかかわらず、同程度の正解率であったことは、機械的に記憶しているというよりも、接頭語や冪の理解度を反映しているのではなかろうか。

時速から秒速への変換ならびに有効数字に関しては、表4に示したように、不正確な桁表示と分数を含め不正確な表記による誤答が文系は約20%、理系は約40%であった。自然科学では、数値の表記は測定の精度によって決まる。言い換えれば、有効数字は信頼しうる数値である。しかしながら、現行の小学校6年生用の算数教科書<sup>(4)</sup>では有効数字について触れていない。割り切れない場合8/9mや4/3ℓのように分数で表記している。小学校4年時で指導する際、長さや面積を分割し、分数を「量」として扱うは一つの方法であろう。しかし、分数の本質は割合であり、実生活においても量として使用することは極めて稀である。かつ、長さや体積などは測定値であり、有効数字あるいは小数点のケタで精度が示されている。一方、分数での数値表記は測定値とはいえず、かつ精度以上の数値を意味することになる。以上の理由から、本調査では、分数での表記を不可とした。

現行の中学数学でも、単元として有効数字を扱うことはなく、中学高校の理科の授業と実験で、教員が各自の裁量としてふれる程度が実態なのだろう。小学校高学年で、分数と小数の関係を学習する際、割り切れない場合(例えば1/3m)を利用して、有効数字を指導するのがよいのではないだろうか。なお、厳密には $1\text{km} = 1 \times 10^3\text{m}$ と表記するべきであるが、日常での使用を考慮した1,000mなどの解答も今回の調査では正解とした。有効数字以外の誤答は、速度・距離・時間の関係が理解できていない、あるいは時間を分(秒)に換算できないかのどちらかである。

なお、問1から問5までは、いずれも小学校での学習内容であり、教員採用試験でも頻出問題であることから、合格者の大半は正解するものと思われる。しかしながら、本質的な理解をしているとは必ずしもいえず、多くの教員が、不十分な理解のまま教壇に立っている可能性がある。教員養成学部生の学力不足について、特に、理数系教科に関しては10数年前から、構造的な欠陥が指摘されている。

戸瀬と西村<sup>(5)</sup>は、教員養成学部生の多くは、高校で数Ⅲ、物理、化学を選択しなかった上に、理数系科目が入試で必須でないこと、さらに、大学での理科に関する必修単位が2単位程度と極めて少ないことなどが原因と論じている。両氏は、低学力の先生が、児童・生徒の学力低下を引き起こす現象を「学力のデフレスパイラル」と呼んでいる。なお、調査した小学校教

## 地方国立大学生における日常的に使用される単位の理解度調査

員養成課程においては、理科は2単位が必修であるものの、数学は選択必修である。したがって、大学で数学の講義をまったく受けず、児童に算数を指導している「先生」を多数輩出していると思われる。

さらに川勝<sup>(6)</sup>は、地方国立大教育学部小学校教員養成課程の学生の理科の入学時の学力を、「小学生とあまり変わらず、全国的な現象」と評している。同氏は、そういった状況にもかかわらず、生徒との教育的対応力や地域との連携を重視する「実践力を育てる教員養成」を目指している教員養成学部のカリキュラム改変に懸念を表明している。

次に問8の考察を行う。「力は質量と加速度に比例する」という古典力学の原則を正しく  $\text{kg m/s}^2$  と表記できた文系学生はゼロ、理系学生でも10%以下であった。工学系学部の学生はほぼ2年生以上で、80%以上が物理Ⅱまでの履修者であり、1年時に複数の物理関連の講義・実験を履修しているはずである。きわめて低い正解率の原因は、いくつか考えられる。ひとつは、中学1年時で最初に学習するNの定義である。現行の中学理科教科書（啓林館、2007）でのNの説明「100gの物体にはたらく重力の大きさにほぼ等しい」は不適切と思われる。定義でなく、単なる現象であり、質量と力の関係を混乱させる、重力加速度の学習をしていない時点で理解が可能なのかなどの理由である。ほか2003年以降の高校物理のカリキュラムも関連しているのではないか。最初に力学が記載されるのが妥当と思われるが、現行の物理Ⅰでは、電気、波の後という不自然な順になっている。

力の単位Nは、一般人にとってイメージしにくい、誘導される単位J, Pa, Wなどはわれわれの日常生活に溶け込んでいる。文系学生の物理選択者は少なく、理系学生でも選択者が減少しているなどの現状から判断して、一般的な大学生におけるこれらの単位の理解度はきわめて低いと察せられる。将来的に理系分野の専門職につく生徒のみならず、国民全体の科学への興味と理解を向上させるためにも、現状のような「事例」でなく、正確に質量、速度、加速度、力、仕事、エネルギーの定義を義務教育の段階で指導する方がよいと提案したい。

## 5. おわりに

本調査は、地方国立大学生を対象としており、平均的な社会人や高校生よりも高い学力水準にあると思われるが、長さ、面積、速度、エネルギーなどの単位および接頭語の理解は、十分でなかった。本調査は、観察研究の性質上、因果関係について論ずることはできないが、いわゆる「ゆとり教育」による選択科目増加と教科内容の削減、入試科目数の減少、大学における一般教養科目削減、義務教育における不適切な指導などが原因であると思われる。かつ、分数での速度表記やきわめて低いNの正解率は、はじめに習った不正確な表示と定義が、その後の学習にも影響しているものと推察される。

## 引用文献

1. ボイヤー CB：数学の歴史1（新装版）—エジプトからギリシヤ前期まで、1－9、朝倉書店 2008.
2. 岡部恒治、戸瀬信之、西村和雄：分数ができない大学生 東洋経済新報社 1999.
3. 阿部修：『単位』の教育の重要性について 物理教育、52（1）、30－33、2004.

4. 小学校算数教科書，東京書籍，第6学年，2007.
5. 戸瀬信之，西村和雄：大学生の学力を診断する 119-137, 岩波新書 2001
6. 川勝博：教員養成大学が教科教育軽視でいいのか 科学, 77 (5), 505-506, 2007.
7. 中学校理科教科書，1分野上，啓林館，2007.

表1 設問と正解

- 問1.  $1 \text{ km} = ( ) \text{ m}$   
 問2.  $3 \text{ }\mu\text{m} = ( ) \text{ mm}$   
 問3.  $5 \text{ m}^2 = ( ) \text{ cm}^2$   
 問4.  $7 \text{ m}^3 = ( ) \text{ cm}^3$   
 問5. 時速  $30 \text{ km} =$  分速  $( ) \text{ m} =$  秒速  $( ) \text{ m}$   
 問6.  $100 \text{ g} = ( ) \text{ kg} = ( ) \text{ mg}$   
 問7.  $1 \text{ g}$ の水を $1^\circ\text{C}$ 上昇させるのに必要なエネルギー量\*  $( )$   
 問8. 力の国際単位ニュートン (N) を質量、距離、時間で表わすと  $( )$   
 問9.  $1 \text{ N}$ の力で $1 \text{ m}$ の仕事をしたときのエネルギー量\*\*  $( )$   
 問10.  $1 \text{ N}$ の力が $1 \text{ m}^2$ の面積にかかったときの圧力  $( )$

\*厳密には熱量である.

\*\*正確には「 $1 \text{ N}$ の力でその向きに $1 \text{ m}$ の仕事」である.

正解

- 問1.  $1 \times 10^3$ , 1000, 問2.  $3 \times 10^{-3}$ , 0.003, 問3.  $5 \times 10^4$ , 50000,  
 問4.  $7 \times 10^6$ , 7000000, 問5.  $5.0 \times 10^2$ , 500; 8.3,  
 問6. 0.100, 0.1;  $1.00 \times 10^5$ ,  $100 \times 10^3$ , 100000,  
 問7. 1 cal, 問8.  $\text{kg m/s}^2$ , 問9. 1 J, 問10. 1 Pa

表2 対象者の学部学年別の人数

	人社	教育文	教育理	農	工
1年	0	0	13	0	1
2年	40	46	17	24	89
3年	5	29	7	0	8
4年	0	17	2	0	3
計	45	92	39	24	101

農には，人社理系（環境科学系）3名も含む.

地方国立大学生における日常的に使用される単位の理解度調査

表3 各設問の群ごとの正解率 (%)

	人社	教育文	教育理	農	工	全体
n	45	93	39	24	101	302
問1	100	98.9	100.0	100	98.0	99.0
問2	20.0	15.1	30.8	41.7	60.4	35.1
問3	42.2	38.7	56.4	66.7	65.3	52.6
問4	35.6	32.3	56.4	62.5	63.4	48.7
問5	22.2	25.8	35.9	29.2	38.6	31.1
問6	31.1	25.8	48.7	41.7	41.6	36.1
問7	4.4	2.2	5.1	33.3	5.0	6.3
問8	0	0	12.8	16.7	8.9	6.0
問9	2.2	9.7	30.8	41.7	28.7	20.2
問10	26.7	18.3	46.2	62.5	66.3	42.7

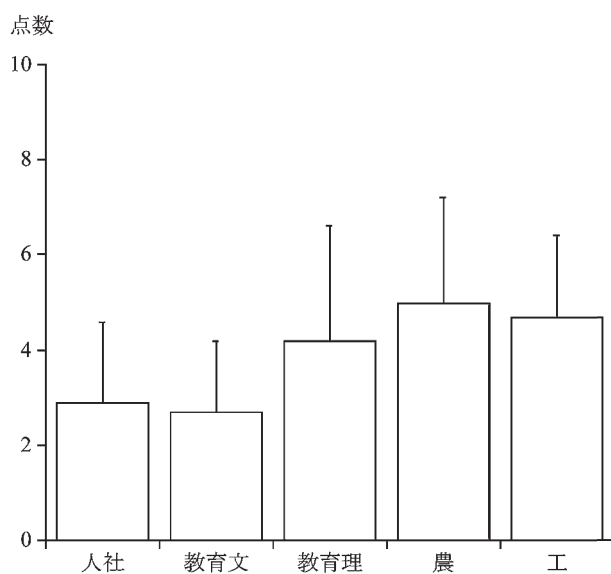


図1 群ごとの平均値. エラーバーは標準偏差



表4 群ごとの誤答者の割合(%) . 上段: 問3, 下段問5

	人社	教育文	教育理	農	工	全体
n	45	93	39	24	101	302
500 ( $5 \times 10^2$ )	17.8	41.9	17.9	4.2	7.9	18.2
250,000	6.7	2.2	10.3	0.0	1.0	2.3
$5.0 \times 10^4$	0	0	0	4.2	8.9	3.3
$5.0 \times 10^{-4}$	0	1.1	0	4.2	5.9	2.6
空欄	24.4	10.8	5.1	4.2	0	4.3
その他	8.9	5.4	10.3	16.7	10.9	7.9

	人社	教育文	教育理	農	工	全体
n	45	93	39	24	101	302
8	2.2	6.5	2.6	4.2	2.0	3.6
8.33(3)	13.3	4.3	0	8.3	9.9	7.3
8.333...	6.7	5.4	0	8.3	5.0	5.0
8.3(3の上に点)	0	0	7.7	4.2	12.9	5.6
分数	2.2	6.5	17.9	16.7	9.9	9.3
空欄	26.7	18.3	12.8	4.2	5.0	13.2
その他	26.7	32.3	23.1	25.0	6.9	21.2